ÉTUDES ET
RECHERCHES
EN TRANSPORTS

GLISSEMENT LENT DANS LE ROC MONT SAINT-PIERRE (QUÉBEC)

ANDRÉ DROLET

ESSAIS
ET MATÉRIAUX

Québec

89-04704/

GLISSEMENT LENT DANS LE ROC

MONT SAINT-PIERRE (QUÉBEC)

Dépôt légal, 3e trimestre 1988
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-550-19175-7

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports

FICHE ANALYTIQUE DE RAPPORT

Titre et sous-titre du rapport
Glissement lent dans le roc

Mont St-Pierre, Québec

N° du rapport Transports Québec
RTQ-88-29

Rapport d'étape ☐ Rapport final ☐ — An / Mois / Jour

N° du contrat

Auteur(s) du rapport
André Drolet

Date du début d'étude — **Date de fin d'étude**

Coût de l'étude

Étude ou recherche réalisée par (nom et adresse de l'organisme)
Service des sols et chaussées
Division géotechnique
Section mécanique des roches
200 Dorchester sud, 4e étage
Québec, QC. G1K 5Z1

Étude ou recherche financée par (nom et adresse de l'organisme)
IDEM

But de l'étude, recherche et renseignements supplémentaires
Le but de cette publication est de décrire un phénomène rare de glissement lent dans le roc, de présenter l'information recueillie sur ce cas depuis les 10 dernières années et de faire une analyse sommaire de sa stabilité.

Résumé du rapport

Une masse de roc de plus de 45,000 m^3 s'est détachée d'une falaise rocheuse située à proximité de la route 132 dans le flanc ouest de la Baie de Mont St-Pierre, en Gaspésie, et glisse lentement en direction nord depuis au moins 40 ans. Le glissement s'effectue sur un plan de stratification dont le pendage varie sur les 130 mètres de longueur du bloc en mouvement.

L'article présente l'instrumentation qui fut improvisée pour mesurer, depuis les 10 dernières années, le déplacement du bloc dont le rejet net actuel est supérieur à 5 mètres.

Une analyse de la stabilité du bloc s'inspirant de la méthode de JANBU apparait également dans le document et fait ressortir l'importance des paramètres tels l'angle de frottement résiduel (Ør) et les souspressions hydrostatiques (U).

Nbre de pages	Nbre de photos	Nbre de figures	Nbre de tableaux	Nbre de références bibliographiques	Langue du document	Autre (spécifier)
					☒ Français ☐ Anglais	

Mots-clés
Glissement, lithologie, analyse géologique structurale, horizon-repère, instrumentation, contraintes, rejet, bloc-diagramme, analyse de stabilité.

Autorisation de diffusion
☒ Diffusion autorisée ☐ Diffusion interdite

Yvan Renaud
Signature du directeur général

88 03 03
Date

V-1773 (85-05)

TABLE DES MATIÈRES

1.0 **INTRODUCTION** 1

2.0 **DESCRIPTION DU PHÉNOMÈNE** 1

3.0 **GÉOLOGIE** 2

3.1 Lithologie 2

3.2 Structure 3

3.2.1 Stratification 3

3.2.2 Systèmes de diaclases et fractures associées 4

3.3 Plan de glissement 5

4.0 **INSTRUMENTATION** 7

4.1 Tiges d'acier 7

4.2 Cibles et lunette de théodolite 7

4.3 Télémètre 8

5.0 **MESURES DU MOUVEMENT** 9

5.1 Rejet 9

5.2 Graphiques du déplacement 10

6.0 **ANALYSE DE LA STABILITÉ** .....: 11

6.1 Calcul du facteur de sécurité 11

6.2 Discussion des résultats 14

7.0 **CONCLUSION** 16

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
ANNEXE 1 - TABLEAUX
ANNEXE 2 - FIGURES
ANNEXE 3 - PHOTOS

ANNEXE I - TABLEAUX

TABLEAU 1 Valeurs de déplacement du bloc (mm) tel que mesuré au moyen du système cibles-lunette de théodolite pour chaque intervalle de temps, ainsi que la sommation (Σ) de ces valeurs.

TABLEAU 2 Valeurs de déplacement du bloc (mm) tel que mesuré au moyen du système prismes-télémètre pour chaque intervalle de temps, ainsi que la sommation (Σ) de ces valeurs.

TABLEAU 3 Valeurs des facteurs de sécurité (F) calculés selon la méthode de JANBU.

ANNEXE II - FIGURES

FIGURE 1 Carte de localisation

FIGURE 2 Coupe transversale arpentée

FIGURE 3 Colonne stratigraphique

FIGURE 4 Bloc-diagramme représentant les principaux systèmes de discontinuités

FIGURE 5 Représentation schématique du bloc

FIGURE 6 Bloc-diagramme représentant le rejet net et ses trois composantes au 5 novembre 1986

FIGURE 7 Mesures du déplacement (échelle normale)

FIGURE 8 Mesures du déplacement (échelle logarithmique)

FIGURE 9 Mesures semestrielles du déplacement (mm) et de la sommation des précipitations (équivalent en mm de pluie)

FIGURE 10 Données pour le calcul de stabilité dérivé de la méthode de Janbu

ANNEXE III - PHOTOS

PHOTO 1: Vue aérienne du site

PHOTO 2: Fracture transversale

PHOTO 3: Extrémité nord du bloc en mouvement (sortie)

PHOTO 4: Vue de la paroi externe du bloc

PHOTO 5: Tiges d'acier à l'intérieur de la faille

PHOTO 6: Cible & lunette de théodolite à l'intérieur de la faille

PHOTO 7: Prisme dans la paroi externe du bloc

PHOTO 8: Télémètre sur son embase

REMERCIEMENTS

La publication de ce texte me donne l'occasion de remercier le personnel technique du Service des sols et chaussées qui a contribué à la réalisation de cette étude entreprise il y a plus de 10 ans, et plus précisément les techniciens et les professionnels qui ont oeuvré au sein de la Section mécanique des roches durant cette période. Soulignons de façon particulière le travail des techniciens Jean Cadoret et Claude Dubeau, ainsi que des ingénieurs et géologues Marc Pelletier, Jean-Marie Mathieu et Jean-Pierre Desrosiers.

Je tiens finalement à remercier messieurs Luc Tanguay et Pierre Dorval pour leurs remarques constructives, tant sur le fond que sur la forme, lors de la rédaction du document.

1.0 INTRODUCTION

Le 17 décembre 1976, le Service des sols et chaussées du ministère des Transports du Québec recevait de la part des autorités du district de Ste-Anne-des-Monts une demande d'étude concernant un danger d'effondrement rocheux dans la falaise ouest de la Baie de Mont St-Pierre (figure 1). Cette instabilité rocheuse menaçait les usagers de la vieille route 132 qui devait d'ailleurs être reconstruite l'année suivante dans ce secteur. Profitant de l'occasion, la Section mécanique des roches a recommandé par mesure de précaution de déplacer le tracé de la future route de 25 mètres vers la mer. L'étude géologique du massif rocheux a débuté au printemps 1977.

2.0 DESCRIPTION DU PHÉNOMÈNE

Une masse rocheuse (dit "bloc") d'environ 130 m de longueur, 23 m de largeur et 15 m de hauteur représentant un volume de plus de 45,000 m^3 (120,000 tonnes métr.) qui s'était détachée de la falaise rocheuse glisse encore lentement en direction nord (photo 1). La fracture le long de laquelle le bloc s'était détaché (dit "faille") a une direction presque parallèle à la route, soit N151^o et un pendage de 72^o vers le sud-ouest. L'écartement moyen des deux parois de cette faille est maintenant de l'ordre de 3 mètres, quoiqu'en certains endroits, l'effritement des parois a créé des largeurs pouvant atteindre 7 mètres. La profondeur visible de la faille à partir du sommet du bloc varie de 1 à 12 m selon la quantité de débris rocheux accumulés dans le fond de cette fosse.

Le glissement s'effectue quant à lui sur un plan de stratification qui sera décrit dans le chapitre 3.3. La figure 2 représente une coupe transversale arpentée du massif rocheux et donne une bonne idée de la géométrie du bloc.

Sur des photographies aériennes du gouvernement fédéral à échelle 1:36,000 et datant de 1948 on distingue légèrement la faille. En consultant d'autres photographies prises à diverses échelles en 1963, 1967, 1968 et 1975 on constate que, vue en plan, la faille se dessine de plus en plus clairement, laissant présager son ouverture lente et constante depuis au moins quarante ans.

3.0 GÉOLOGIE

3.1 Lithologie

Ces roches de la période de l'ordovicien moyen sont constituées d'une alternance de shale noir et de siltstone calcaro-dolomitique à travers lesquelles se trouvent des lits de grès calcareux ou calcaro-dolomitique dont l'épaisseur varie de 5 à 50 cm. Certaines structures d'érosion et de déposition typiques aux courants de turbidité ainsi que le granoclassement observés fréquemment dans ces lits de grès indiquent une polarité sédimentaire normale.

L'étude détaillée de ces couches a permis d'établir la colonne stratigraphique présentée à la figure 3. La corrélation stratigraphique entre la montagne et le bloc en mouvement fut effectuée en utilisant un horizon repère facilement reconnaissable. Il s'agissait d'un lit de grès calcaro-dolomitique renfermant des lentilles d'argilite allongées perpendiculairement au plan de stratification. Sur la colonne stratigraphique apparaissent, entre autres, les limites inférieures et supérieures du bloc, ainsi que l'emplacement de l'horizon repère.

3.2 Structure

L'analyse statistique d'un très grand nombre de lectures de directions et de pendages de diaclases au moyen de diagrammes des pôles a révélé l'existence de cinq systèmes dont les trois plus importants sont représentés sur le bloc-diagramme de la figure 4.

3.2.1 Stratification

La direction et le pendage de la stratification (So) qui apparaît sur le bloc-diagramme ($N260^{o}/23^{o}NW$) est une moyenne des nombreux relevés effectués dans le massif rocheux. Il appert que les lits ont une direction générale est-ouest et que le pendage nord varie de façon significative, passant de 40^{o} à l'extrémité sud (cicatrice) jusqu'à un pendage aussi faible que 15^{o} à la station 2, près de l'extrémité nord du bloc (figure 5). Cet

arrangement structural s'explique par l'existence d'un synclinal à grande échelle qui a une faible plongée vers l'est.

Le dessus du bloc en mouvement possède, dans la direction de son axe principal, la même pente que le pendage de la stratification de sorte que le dessus du bloc correspond à une couche précise de la séquence stratigraphique qui est d'ailleurs indiquée sur la figure 3.

3.3.2 Systèmes de diaclases et fractures associées

L'analyse statistique a fait ressortir, outre la stratification, deux systèmes de joints majeurs, soit N151°/72°SW qui correspond à la faille et N178°/Vertical. Deux autres systèmes de moindre importance ont également été révélés par cette analyse, soit N114°/48°SW et N128°/73°SW.

Dans le secteur nord du bloc, entre les stations 1 et 2, une fracture ouverte (N230°/80°NE), perpendiculaire à l'axe de la faille principale, traverse le bloc de part en part (figure 5 et photo 2). Les parois de cette fracture transversale sont distantes de 50 cm à l'intérieur du bloc, et ne sont espacées que de quelques millimètres du côté extérieur du bloc (face à la route 132). En période estivale, dans la face externe du bloc, il est possible de sentir à la sortie de cette fracture un courant d'air frais et humide, caractéristique de la température à l'intérieur de la faille. À

l'automne 1977 cette fracture n'existait pas, et ce n'est qu'à la visite subséquente, en mai 1978, qu'elle a été découverte. Nous pensons que l'extrémité avale interne du bloc en mouvement s'est butée contre une saillie rocheuse observable dans la montagne (photo 1). Cette butée naturelle a momentanément stoppé le déplacement du bloc à l'intérieur duquel des contraintes se sont développées et accumulées sous forme d'énergie potentielle. Sous l'effet de ces efforts, la partie avale du bloc, soit les 24 premiers mètres, a effectué un mouvement de rotation autour d'un pivot théorique qui se situerait sur la face externe du bloc. Ce mouvement de rotation a donc créé la fracture de tension et permis la dissipation des contraintes, suite à quoi le bloc a poursuivi son glissement.

3.3 Plan de glissement

Le bloc se déplace selon un mouvement de translation et non par rotation ou basculement puisqu'il y a concordance dans la direction et le pendage des discontinuités de part et d'autre de la faille. Si on place sur le bloc-diagramme de la figure 4 la direction du rejet net mesuré, on s'aperçoit qu'il suit la pente du litage et qu'il fait un angle très faible avec la direction du pendage des lits. De plus, on a remarqué à plusieurs endroits sur les parois de la faille des stries (slickensides) dans des veines de calcite. Ces stries sont allongées parallèlement aux plans de stratification, témoignant également d'un glissement selon le litage.

Pour déterminer ensuite à quel niveau de la stratigraphie le mouvement se produit, il faut observer les autres faces du bloc. En effet la grande quantité de débris rocheux présents dans la faille ne nous permet pas de voir la stratigraphie plus profondément que neuf mètres sous l'horizon-repère dans la partie intérieure du bloc.

Ainsi on remarque qu'à l'extrémité nord, une séquence stratigraphique s'avance en surplomb au-dessus des couches inférieures (photo 3). Inversement, à l'extrémité sud, les couches se sont retirées, dégageant ainsi un plan de litage (cicatrice). En correlant ces deux surfaces, on se rend compte qu'il s'agit du même niveau stratigraphique localisé à environ 13 m sous l'horizon repère, soit une séquence de shale noir sous un lit compétent de grès calcareux. D'ailleurs dans la falaise extérieure du bloc, la paroi sous ce niveau stratigraphique est recouverte de débris, alors qu'au-dessus, la face subverticale est lisse et propre. De plus, dans la partie sud du bloc, on remarque sous ce même niveau des taches blanchâtres qui sont probablement des minéraux dissous qui ont précipité sur la face externe du talus à la suite du lessivage de ce plan de glissement (photo 4).

4.0 INSTRUMENTATION

4.1 Tiges d'acier

Afin de vérifier si le bloc était toujours en mouvement, nous avons procédé en octobre 1977, à la pose de deux points de contrôle rudimentaires à l'intérieur de la faille. Il s'agissait de deux tiges d'acier d'armature de 12,5 mm de diamètre, ancrées dans les parois rocheuses de part et d'autre de la faille et enlignées nez-à-nez. Au dessus, un contre-plaqué fut fixé à quatre tiges métalliques également ancrées dans le roc afin de protéger les tiges de contrôle contre les fréquentes chutes de pierres. Cette installation est illustrée à la photo 5. Dès le mois de mai 1978, les tiges s'étaient écartées d'environ 2,5 cm, témoignant du fait que le glissement était toujours actif.

4.2 Cibles et lunette de théodolite

Afin de caractériser plus précisément le mouvement du bloc, cinq stations de contrôle furent mises en place à l'intérieur de la faille à l'automne 1978. À chaque station une cible constituée d'une plaque d'aluminium de 0,6 cm x 30 cm x 30 cm a été ancrée dans la face interne du bloc en mouvement au moyen de trois tiges filetées de 12,5 mm de diamètre. Du côté de la montagne, un support métallique conçu pour recevoir la lunette d'un théodolite a également été ancré dans le roc de façon à viser la cible (photo 5).

À chaque visite, il suffisait d'installer la lunette de théodolite sur son support, de prendre une visée et de marquer sur la cible le point d'interception. En prenant les mesures appropriées sur le site, il était alors possible de déterminer les trois composantes du mouvement et de calculer l'orientation et la résultante du mouvement. Nous estimons que le degré de précision de ces mesures était de l'ordre de $\pm$ 3 mm. Le tableau 1 représente les résultats du déplacement à chaque visite de 1978 à 1986.

Sur les cinq stations mises en place, la station 4 fut ensevelie sous les débris rocheux en juin 1982, et la station 3 en novembre 1984. Compte tenu des risques que représentaient les éboulis rocheux lors de ces prises de lectures, il fut convenu, à l'été 1982, d'installer des appareils qui nous permettraient de prendre des mesures de déplacement du bloc à partir de l'extérieur de la faille.

4.3 Télémètre

C'est ainsi qu'en août 1982 une équipe d'alpinistes a été engagée pour fixer à quatre endroits stratégiques sur la paroi verticale externe du bloc un prisme surmonté d'une plaque de protection (photo 7). Ces prismes servent de cibles pour un appareil de télémétrie de marque "Autoranger II" qui est lui-même installé sur une embase fixe située dans l'accotement intérieur de la route 132 (photo 8). Cette embase en béton de ciment armé est

cylindrique, a un diamètre de 30 cm et une longueur totale de 3,0 mètres, dont 1,75 mètre sont sous le terrain naturel. Elle est positionnée très précisément par arpentage et sa localisation est vérifiée annuellement. L'embase est située au nord des prismes 1 et 2 qui sont très proches un de l'autre, soit directement dans le sens du rejet. Ainsi, la différence des distances mesurées par l'appareil de télémétrie d'une visite à l'autre donne directement la mesure de déplacement net du bloc pour cette même période. Compte tenu de la distance qui sépare l'embase du prisme 1 et de la température extérieure lors des relevés, le degré de précision des mesures est de $\pm$ 5 mm. Le tableau 2.0 donne les résultats des mesures prises de novembre 1982 à mai 1988. Soulignons que les mesures du 18 mai 1988 furent prises avec un nouvel appareil de même marque que le premier.

5.0 MESURES DU MOUVEMENT

5.1 Rejet

La direction du rejet a pu être mesurée directement sur les lieux. En effet, à l'extrémité sud du bloc, sur la section du plan de glissement qui est maintenant découverte, on observe des stries dont l'orientation nous donne celle du rejet, soit franc nord.

Quant à la mesure du rejet net, elle peut être prise à l'intérieur de la faille, à un endroit situé entre les stations 4 et 5. À cet endroit, on

observe une structure sédimentaire sphérique dans un lit de grès à 2,4 mètres sous l'horizon-repère. À côté de cette structure commune aux deux parois de la faille se trouve un coin de roc dont on retrouve l'empreinte parfaite sur l'autre paroi. Lors de notre visite du 15 septembre 1978, le rejet net était de 4,50 m, alors qu'une mesure effectuée au même endroit le 5 novembre 1986 révélait un rejet net de 5,33 m. Une vue tridimensionnelle du rejet net et de ses trois composantes apparaît à la figure 6.

5.2 Graphiques du déplacement

Les figures 7 et 8 représentent deux graphiques, à échelles normale et logarithmique, du déplacement de la masse rocheuse de novembre 1978 à mai 1988. La première partie des données provient des lectures effectuées à la station 1 par le système cibles-lunette de théodolite, alors qu'à partir de novembre 1983, il s'agit des données prises sur le prisme 1 avec l'instrument de télémétrie.

L'allure de la courbe apparaissant sur ces graphiques montre bien que le bloc a diminué de moitié sa vitesse de déplacement depuis le début du suivi en 1978. En effet, à cette époque, des déplacements de 17 à 20 cm/an étaient enregistrés, alors que depuis les trois ou quatre dernières années, le bloc semble soutenir une vitesse constante de l'ordre de 8 à 10 cm annuellement.

La figure 9 présente sur le même graphique les mesures semestrielles du déplacement du bloc ainsi que les sommations semestrielles des précipitations, converties en millimètres de pluie, telles qu'enregistrées par le ministère de l'Environnement du Québec à la station météorologique de Mont-Louis. L'examen de ce graphique nous démontre que les précipitations ont une influence certaine sur l'amplitude du déplacement sur une base saisonnière aussi bien que sur l'ensemble de la période d'observation.

6.0 ANALYSE DE LA STABILITÉ

6.1 Calcul du facteur de sécurité

La stabilité d'une masse rocheuse est analysée, de façon très répandue, par la méthode de l'équilibre limite qui tient compte des facteurs majeurs influençant la résistance au cisaillement le long d'un plan de glissement. En fait, il s'agit de calculer un facteur de sécurité (F) qui est défini comme étant le rapport entre la résistance maximale qui peut être mobilisée pour s'opposer au glissement et les forces qui tendent à le produire.

Une variante de cette méthode générale a été mise au point par l'ingénieur N. Janbu (1) qui divise la masse instable en tranches verticales. Les forces agissant sur chacune de ces tranches sont calculées et ensuite ad-

ditionnées pour obtenir un facteur de sécurité global. Cette méthode se prête particulièrement bien au cas où le pendage du plan de glissement varie, puisqu'on peut alors tenir compte d'un pendage différent pour chacune des tranches. La figure 10 fait voir les cinq tranches qui furent utilisées dans le calcul, ainsi qu'une coupe transversale qui illustre une hypothèse de conditions d'eau.

La formule générale pour le calcul du facteur de sécurité est selon Hoek & Bray (2):

$$F = \frac{cA + (W \cos \psi_p - U - V \sin \psi_p) \tan \phi}{W \sin \psi_p + V \cos \psi_p}$$

où F = facteur de sécurité

c = cohésion

A = surface du plan de glissement pour une largeur unitaire

W = poids de la masse instable pour une largeur unitaire

ψ_p = pendage du plan de glissement

U = souspression hydrostatique au niveau du plan de glissement

V = pression hydrostatique dans la fracture de traction

ϕ = angle de frottement

Pour le cas sous étude, nous pensons que puisqu'il y a déjà eu mouvement, nous sommes en conditions résiduelles de résistance au cisaillement. Dans ces conditions, la cohésion est nulle et ϕr est l'angle de frot-

tement résiduel. De plus, nous estimons que la pression V est nulle puisque la fracture de traction au sommet du bloc est dégagée sur plusieurs mètres de largeur, rendant ainsi impossible l'établissement d'une charge hydraulique dans la dite fracture.

Compte tenu de ces facteurs, la formule pour le facteur de sécurité devient:

$$F = \frac{(W \cos \psi p - U) \tan \phi r}{W \sin \psi p}$$

où les conditions hydrauliques sont calculées à partir de la hauteur "hw" de l'eau au-dessus du plan de glissement. Dans des conditions sans eau, la formule revêt son expression la plus simple, soit:

$$F = \frac{\tan \phi r}{\tan \psi p}$$

Nous avons procédé au calcul du facteur de sécurité (F) pour les cinq tranches et nous avons effectué leur sommation pour obtenir un facteur de sécurité global pour le bloc en mouvement. Comme aucun piézomètre n'était installé dans le bloc eu égard aux difficultés de mise en place d'une telle instrumentation, nous avons donc estimé des valeurs de hw variant de 0 (conditions à sec) à 6 m dans notre calcul. En ce qui a trait à l'angle de frottement résiduel (Ør), les calculs ont été effectués avec trois valeurs différentes, soit 21^{o}, 21.5^{o} et 22^{o}. Les résultats de ces calculs sont montrés au tableau 3.

6.2 Discussion des résultats

On remarque que pour un angle de frottement résiduel de 21.5° ou 22° et des conditions sans eau (hw = 0), le facteur de sécurité global obtenu est très proche de 1.00. En considérant qu'en période hivernale nous sommes vraisemblablement dans des conditions sans eau et qu'il y a tout de même un très léger déplacement de la masse instable, ces valeurs de l'angle de frottement résiduel cadreraient bien avec la réalité. À d'autres périodes de l'année où la nappe d'eau monte au-dessus du plan de glissement (hw >0), le facteur de sécurité global baisse légèrement sous la valeur de 1.00 et la vitesse de déplacement du bloc augmente. Ces valeurs de Ør correspondent d'ailleurs très bien avec les valeurs données par Hoek & Bray (tableau à la p. 103) pour des angles de frottement résiduel sur un lit de shale, et qui se situeraient, selon eux, entre 19° et 25°.

Les résultats de l'analyse démontrent bien que les paramètres majeurs influençant la stabilité du bloc sont l'angle de frottement résiduel et les conditions hydrauliques. Nous sommes toutefois conscients que d'autres facteurs peuvent modifier l'équilibre des forces tel que nous venons de le présenter.

Ainsi, l'effet d'un tremblement de terre serait équivalent à une force horizontale "kW" où k est une fraction qui varie selon l'intensité du

séisme, et W est le poids de la masse instable. Une telle force s'additionnerait à celles qui contribuent à produire le glissement et réduirait donc sérieusement le facteur de sécurité. Un effet similaire pourrait d'ailleurs être causé par un sautage important qui aurait lieu à proximité de ce site.

De plus, compte tenu du fait que le plan de glissement est concave, il est vraisemblable de penser que des fractures se sont formées à différents endroits dans le bloc sous l'effet des efforts de tension provoqués par cette variation de pendage. On peut également postuler que ces fractures seraient parallèles à la fracture de tension dont nous avons discuté au chapitre 3.3.2 puisque cette dernière faisait partie d'un système de joints local. Il faudrait alors considérer que la masse rocheuse en mouvement n'est pas monolithique mais plutôt constituée de plusieurs tranches ou blocs, et supposer des hypothèses supplémentaires relatives aux interactions de ces tranches entre elles. En effectuant un nouveau calcul de stabilité qui tienne compte de ces efforts intertranches, on s'apercevrait qu'ils tendent à augmenter le facteur de sécurité.

On peut également s'attendre à ce qu'il y ait une certaine déformation plastique (fluage) du lit de shale qui fait office de plan de glissement. L'effet de cette déformation plastique implique qu'il pourrait y avoir mouvement même si le calcul du facteur de sécurité donne une valeur légère-

ment supérieure à 1.00, puisque ce phénomène de fluage n'est pas considéré dans les calculs de stabilité.

Il ne convient toutefois pas de chercher à atteindre une finesse excessive dans la détermination du facteur de sécurité compte tenu de l'imprécision des données sur les conditions géométriques, mécaniques et hydrauliques du glissement. Le facteur de sécurité doit surtout être considéré comme une fonction qui intègre les divers paramètres introduits et qui permet de juger de leur importance relative.

7.0 CONCLUSION

Compte tenu de la forme en "berceau" du plan de glissement et des paramètres qui régissent la stabilité de la masse en mouvement, nous pensons qu'un état d'équilibre mettant fin à son lent déplacement sera théoriquement atteint à très long terme. Il appert donc que la décision prise il y a une décennie de suivre le déplacement du bloc, plutôt que de le stabiliser de façon artificielle ou encore de procéder à son abattage au moyen d'explosifs, s'est avérée juste.

À notre connaissance, le site de Mont St-Pierre constitue un des rares cas au Canada où l'on peut étudier sous toutes ses facettes un glisse-

ment dans le roc d'une telle envergure, et ce, pendant que le déplacement s'effectue. Il représente donc une source d'intérêt importante pour nous, et, nous l'espérons suite à la publication de ce texte, pour la communauté scientifique oeuvrant dans le domaine de la mécanique des roches.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) JANBU, N.,1973. Slope Stability Computations. Embankment dam engineering. Wiley, New York, 47-86.

(2) HOEK, E., BRAY, J.W., 1977. Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, London. 402 pages

(3) CANMET Report, 1977. Pit Slope Manual. Chapitre 6 - Mechanical support. 111 pages.

(4) TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 1978. Landslides, analysis and control. National Academy of sciences, Washington, D.C. Special Report 176. 234 pages.

(5) ASSOCIATION AMICALE DES INGENIEURS ANCIENS ELEVES DE L'ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES,1976. La mécanique des roches appliquée aux ouvrages de génie civil. 235 pages.

ANNEXE I

TABLEAUX

DATE	STATION 1 DEPL. - Σ	STATION 2 DEPL. - Σ	STATION 3 DEPL. - Σ	STATION 4 DEPL. - Σ	STATION 5 DEPL. - Σ
78-11-01	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0
79-05-15	34,3 - 34,3	27,7 - 27,7	26,9 - 26,9	26,9 - 26,9	(29,0)- 29,0
79-07-10	59,7 - 94,0	52,1 - 79,8	52,1 - 79,0	(51,3)- 78,2	41,6 - 70,6
79-08-02	20,3 - 114,3	16,8 - 96,6	18,8 - 97,8	20,8 - 99,0	17,3 - 87,9
79-10-25	54,6 - 168,9	49,0 - 145,6	46,0 - 143,8	44,7 - 143,7	39,6 - 125,5
80-06-02	72,1 - 241,0	61,7 - 207,3	65,5 - 209,3	65,8 - 209,5	54,6 - 182,1
80-07-08	30,2 - 271,2	34,5 - 241,8	25,9 - 235,2	27,4 - 236,9	24,9 - 207,0
80-09-10	48,5 - 319,7	35,0 - 276,8	44,7 - 279,9	42,2 - 279,1	37,1 - 244,1
80-11-11	71,4 - 391,1	68,9 - 345,6	73,1 - 353,0	61,0 - 340,1	49,0 - 293,1
81-05-14	48,3 - 439,4	37,8 - 383,4	40,9 - 393,9	42,2 - 382,3	38,6 - 331,7
81-04-11	128,5 - 567,9	118,1 - 501,5	119,4 - 513,3	111,0 - 493,3	109,2 - 440,9
82-06-02	47,8 - 615,7	37,3 - 538,8	38,3 - 551,6	37,6 - 530,9	37,3 - 478,2
82-06-22	11,2 - 626,9	10,7 - 549,5	5,8 - 557,4	- - -	5,1 - 483,3
82-11-02	45,0 - 671,9	42,7 - 592,2	40,9 - 598,3	- - -	40,1 - 523,4
83-05-05	34,5 - 706,4	20,8 - 613,0	21,3 - 619,6	- - -	21,8 - 545,2
83-10-05	62,5 - 768,9	58,4 - 671,4	56,1 - 675,7	- - -	44,5 - 589,7
84-11-16	126,7 - 895,6	101,3 - 772,7	56,1 - 675,7	- - -	91,7 - 681,4
85-07-31	18,8 - 914,4	40,6 - 813,3	- - -	- - -	34,5 - 715,9
86-11-05	113,5 -1027,9	108,4 - 921,7	- - -	- - -	96,8 - 812,7

TABLEAU 1: Valeurs de déplacement du bloc (mm) tel que mesuré au moyen du système cibles-lunette de théodolite pour chaque intervalle de temps, ainsi que la sommation (Σ) de ces valeurs.

DATE	PRISME 1		PRISME 2		PRISME 3		PRISME 4	
	DEPL.	Σ	DEPL.	Σ	DEPL.	Σ	DEPL.	Σ
82-11-04	0	0	0	0	0	0	0	0
83-05-05	32	32	27	27	28	28	38	38
83-07-20	44	76	37	64	30	58	43	81
83-10-06	22	98	20	84	22	80	22	103
84-05-07	35	133	17	101	36	116	24	127
84-11-15	58	191	71	172	44	160	58	185
85-05-09	6	197	16	188	21	181	18	203
85-07-31	34	231	32	220	29	210	31	234
85-11-13	12	243	10	230	16	226	26	260
86-04-30	20	263	17	247	26	252	16	276
86-11-05	61	324	78	325	61	313	85	361
87-06-11	29	353	25	350	36	349	23	384
88-05-18	57	410	15	365	39	388	45	429

TABLEAU 2: Valeurs de déplacement du bloc (mm) tel que mesuré au moyen du système prismes-télémètre pour chaque intervalle de temps, afnsi que la sommation (Σ) de ces valeurs.

1) $\phi r = 21^{\circ}$

hw	TRANCHE 1	TRANCHE 2	TRANCHE 3	TRANCHE 4	TRANCHE 5	F GLOBAL
0	1.18	1.26	0.97	0.78	0.66	0.97
2 m	1.15	1.22	0.95	0.76	0.65	0.95
4 m	1.12	1.19	0.92	0.74	0.62	0.92
6 m	1.08	1.15	0.89	0.72	0.60	0.89

2) $\phi r = 21,5^{\circ}$

hw	TRANCHE 1	TRANCHE 2	TRANCHE 3	TRANCHE 4	TRANCHE 5	F GLOBAL
0	1.21	1.29	1.00	0.81	0.68	1.00
2 m	1.18	1.25	0.97	0.78	0.66	0.97
4 m	1.15	1.22	0.94	0.76	0.64	0.94
6 m	1.11	1.18	0.92	0.74	0.62	0.91

3) $\phi r = 22^{\circ}$

hw	TRANCHE 1	TRANCHE 2	TRANCHE 3	TRANCHE 4	TRANCHE 5	F GLOBAL
0	1.24	1.32	1.03	0.83	0.70	1.02
2 m	1.21	1.28	1.00	0.80	0.68	0.99
4 m	1.18	1.25	0.97	0.78	0.66	0.97
6 m	1.14	1.21	0.94	0.76	0.64	0.94

TABLEAU 3: Valeurs des facteurs de sécurité (F) calculés selon la méthode de JANBU

ANNEXE II

FIGURES

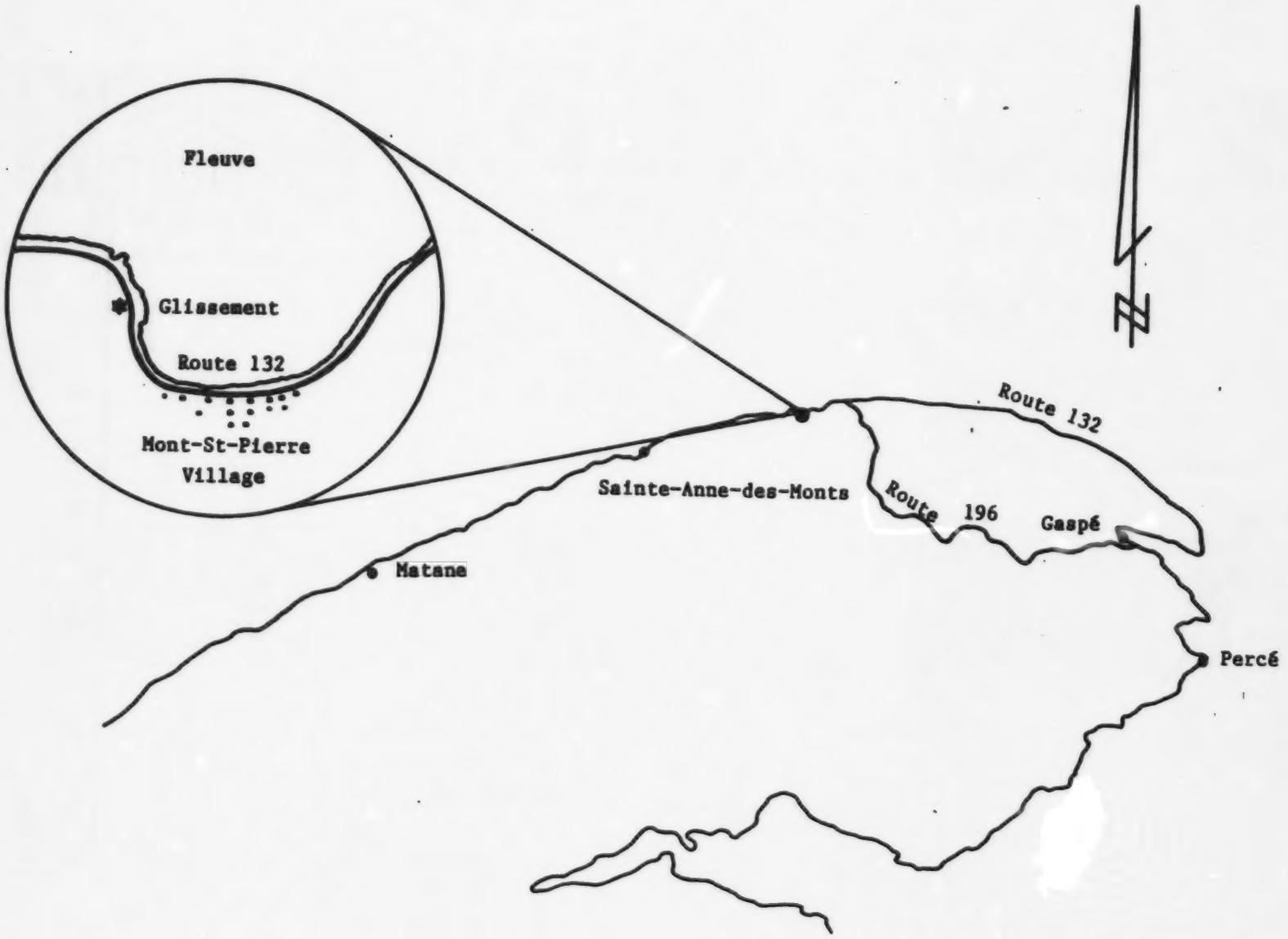


FIGURE 1: Carte de localisation

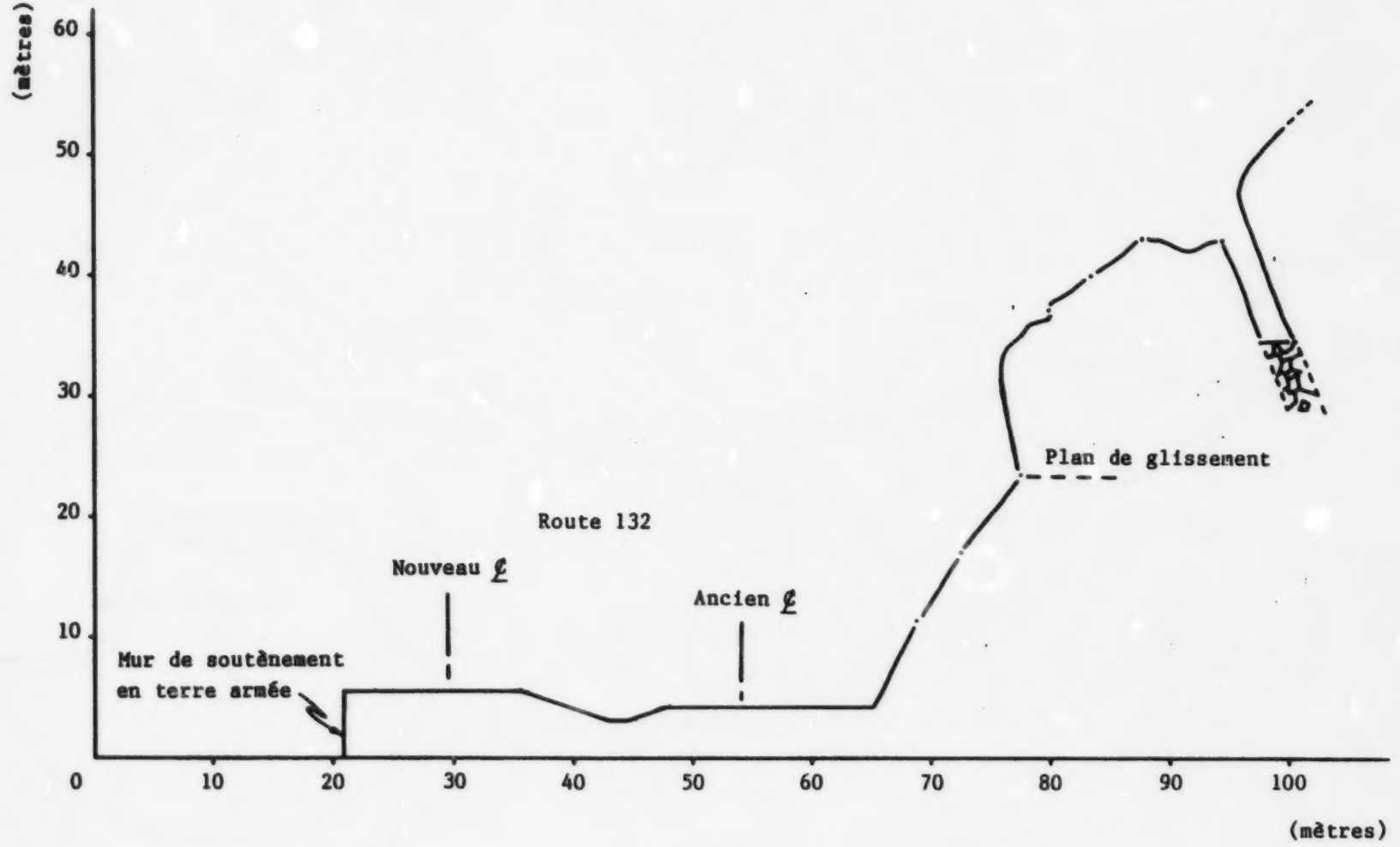


FIGURE 2: Coupe transversale arpentée

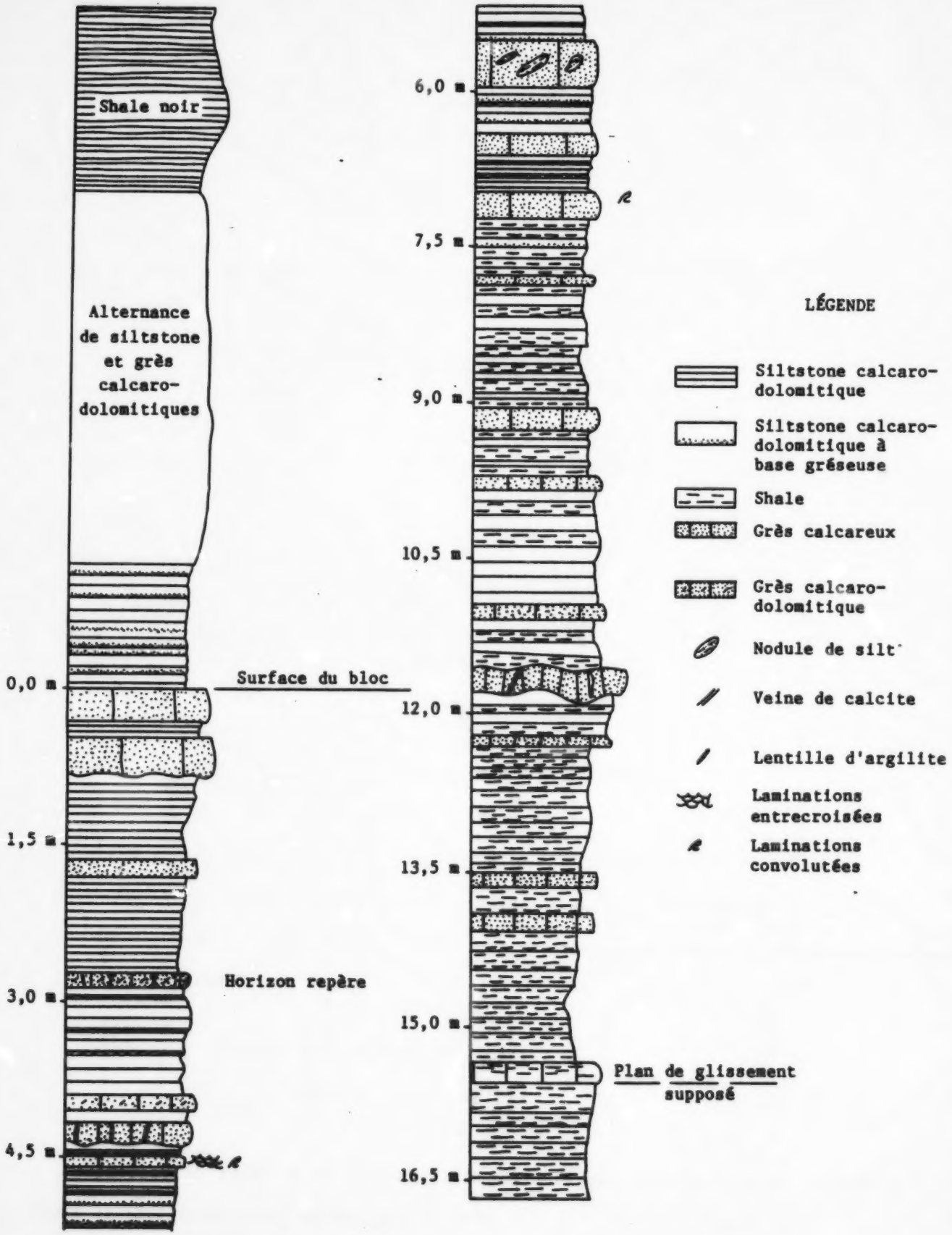
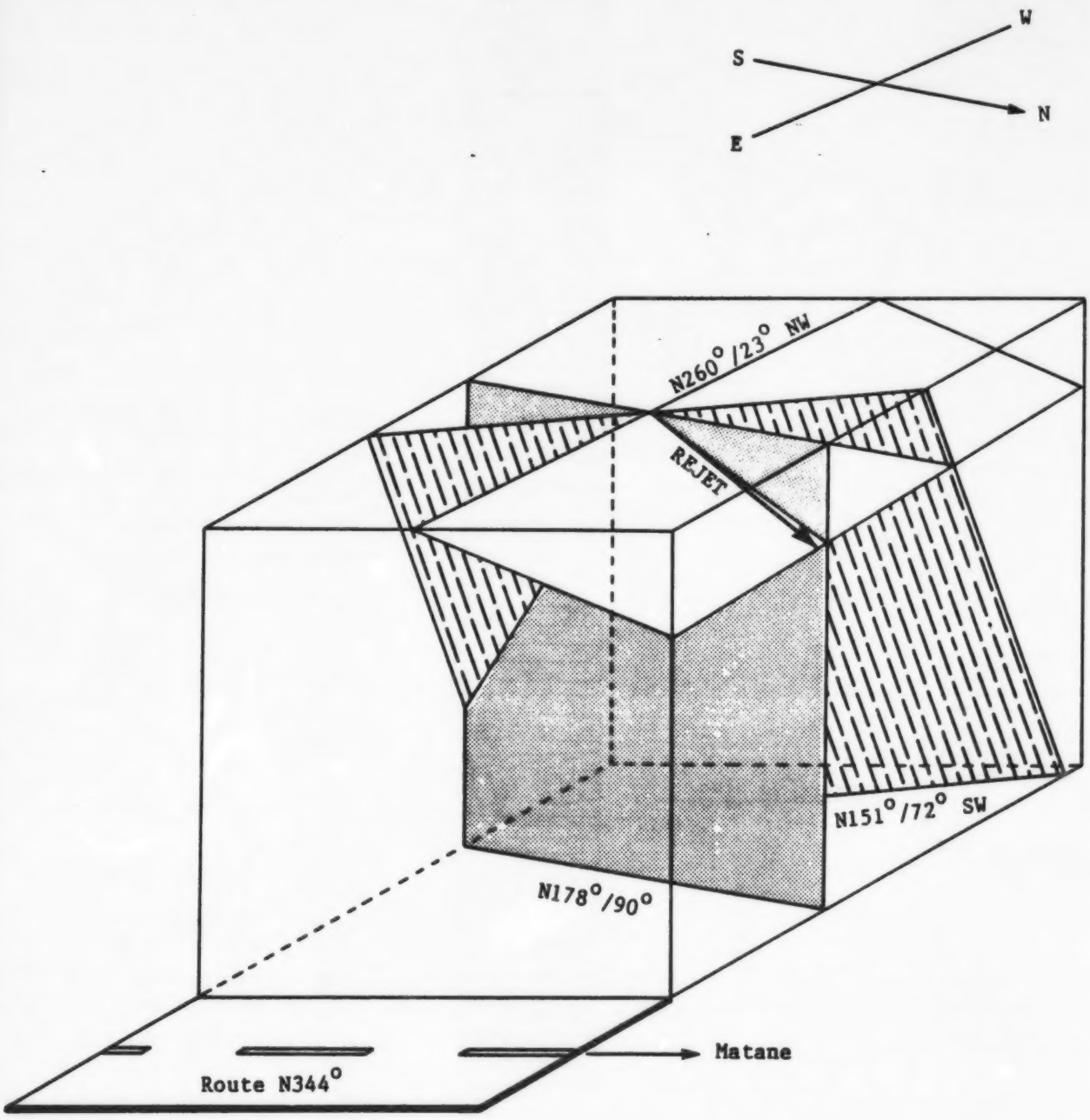
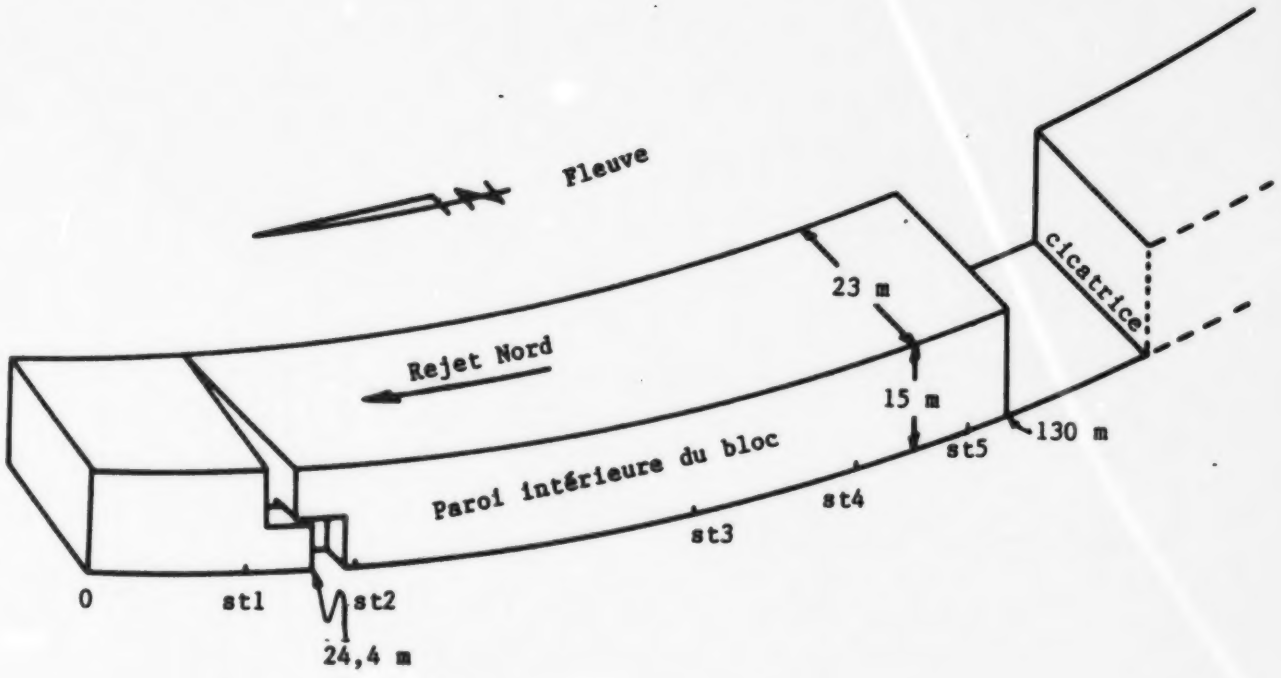


FIGURE 3: Colonne stratigraphique



N260°/23° NW	:	Stratification (So)
N151°/72° SW	:	Faille et joints parallèles
N178°/90°	:	Système de joint majeur

FIGURE 4: Bloc-diagramme représentant les principaux systèmes de discontinuités



	DISTANCE	PENDAGE DE So
Début du bloc	0	
Station 1	22,63 m	18°
Fracture transversale	24,4 m	
Station 2	27,15 m	15°
Station 3	83,64 m	25°
Station 4	107,03 m	28°
Station 5	124,10 m	31°
Fin du bloc	130,00 m	35°
Cicatrice		40°

FIGURE 5: Représentation schématique du bloc

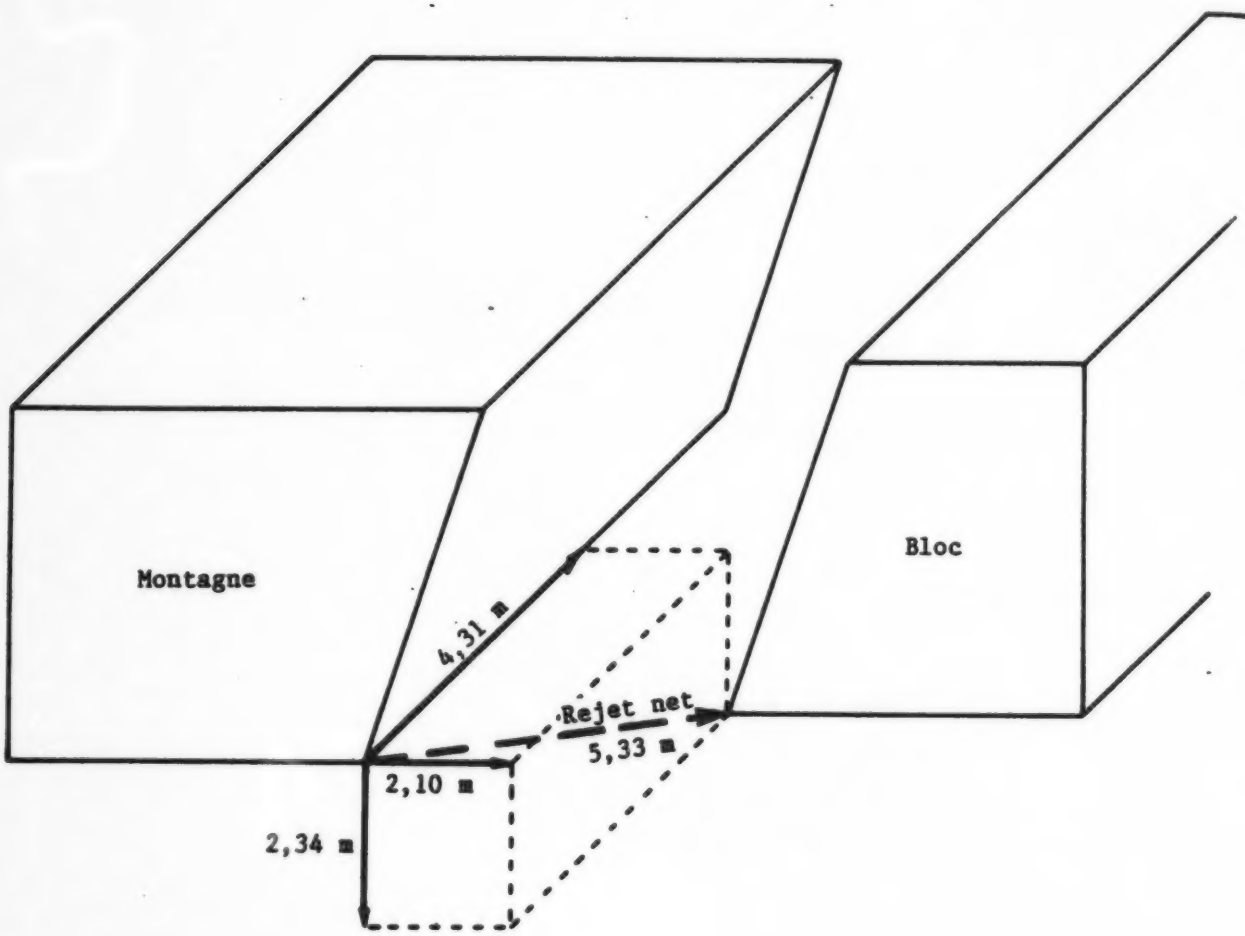


FIGURE 6: Bloc-diagramme représentant le rejet net et ses trois composantes au 5 novembre 1986

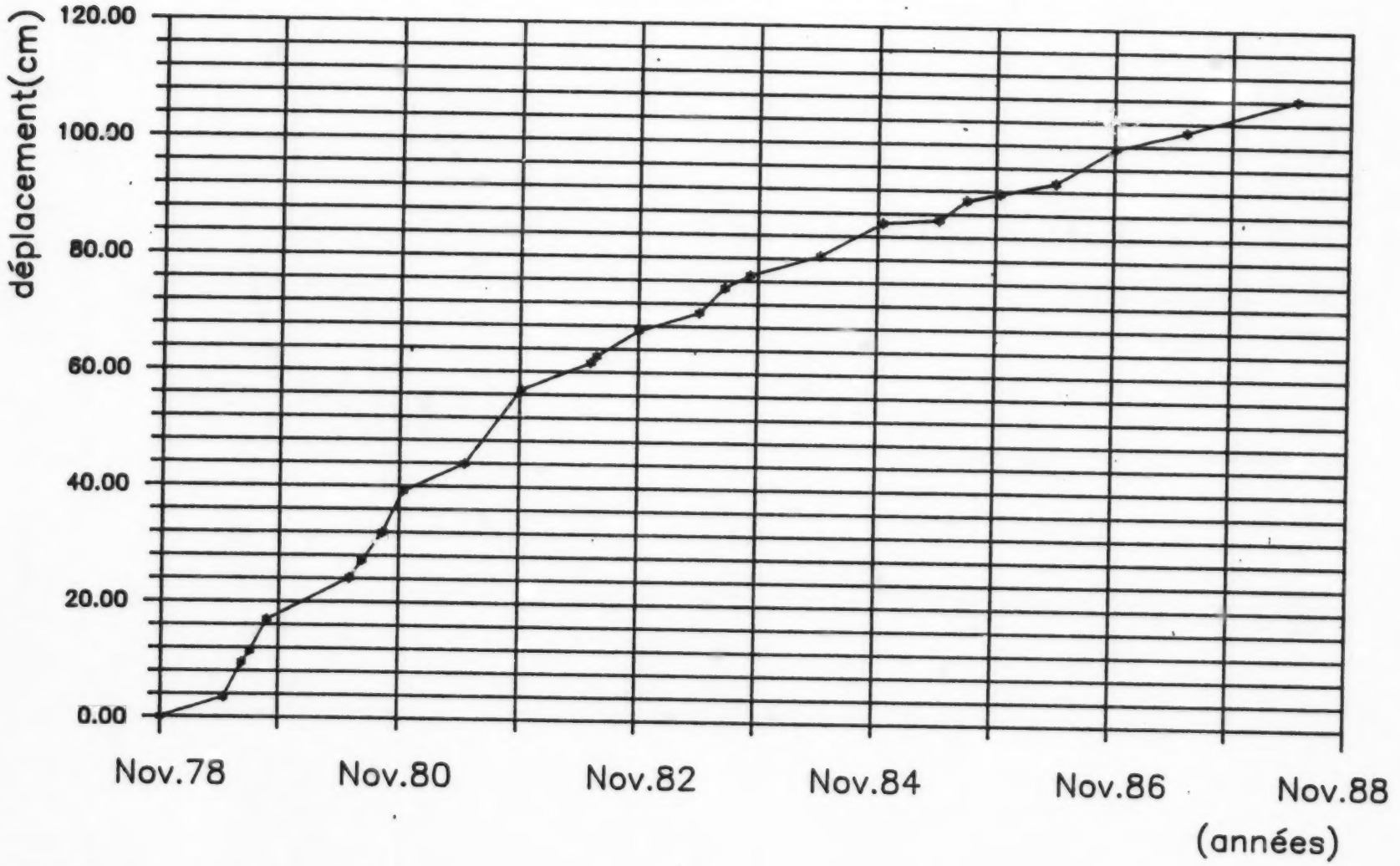


FIGURE 7: Mesures du déplacement

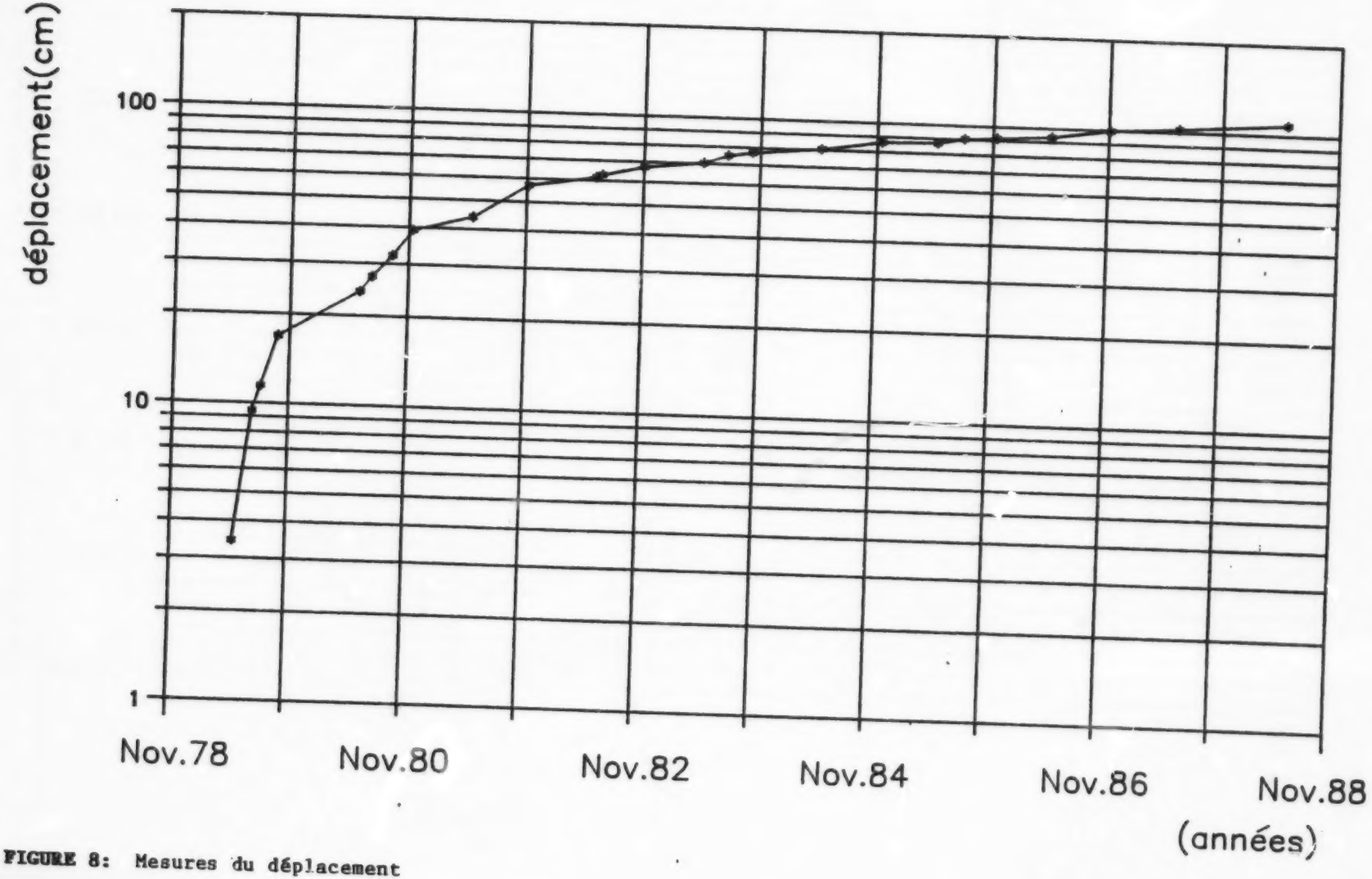


FIGURE 8: Mesures du déplacement

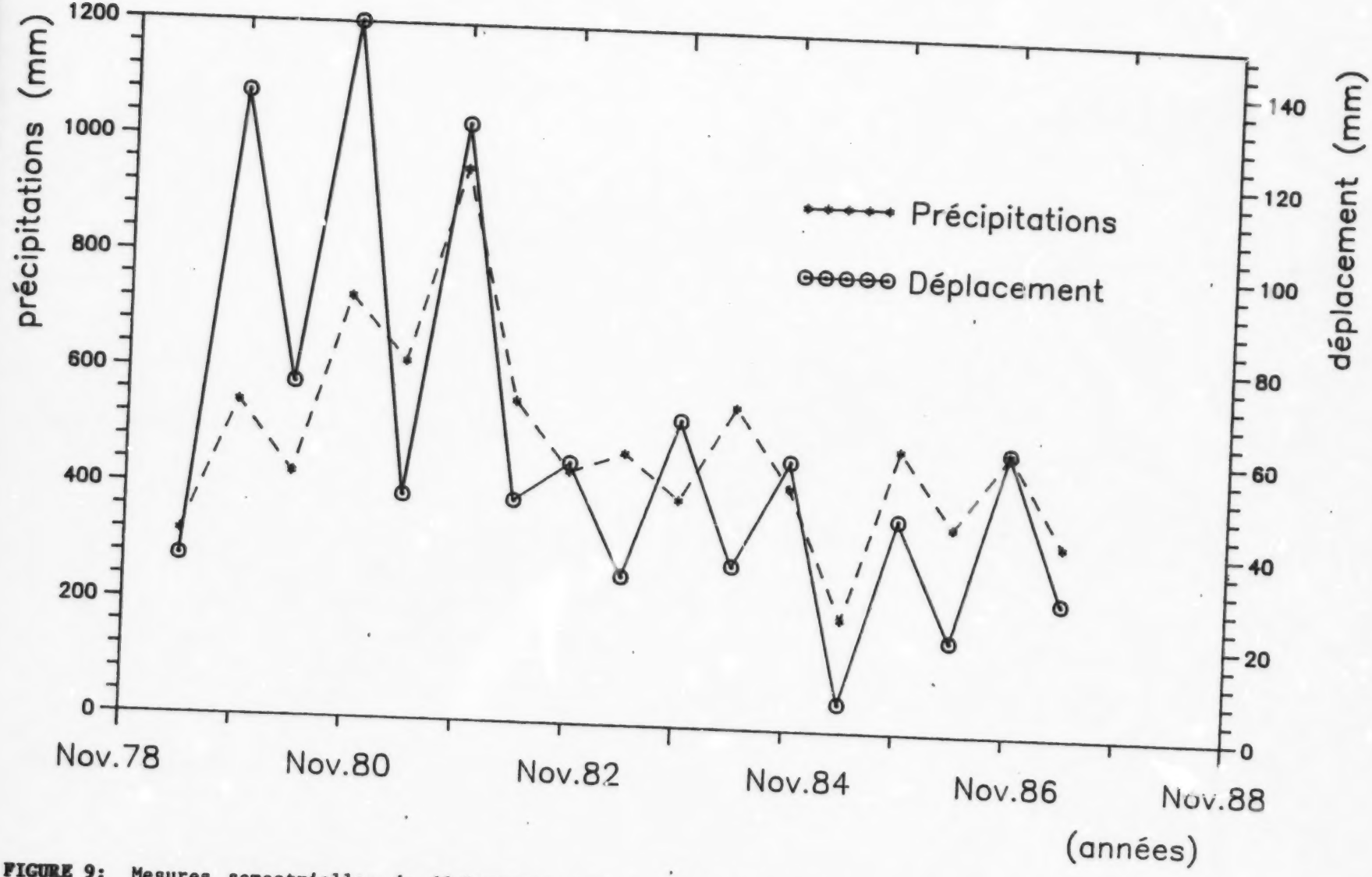


FIGURE 9: Mesures semestrielles du déplacement (mm) et de la sommation des précipitations (équivalent en mm de pluie)

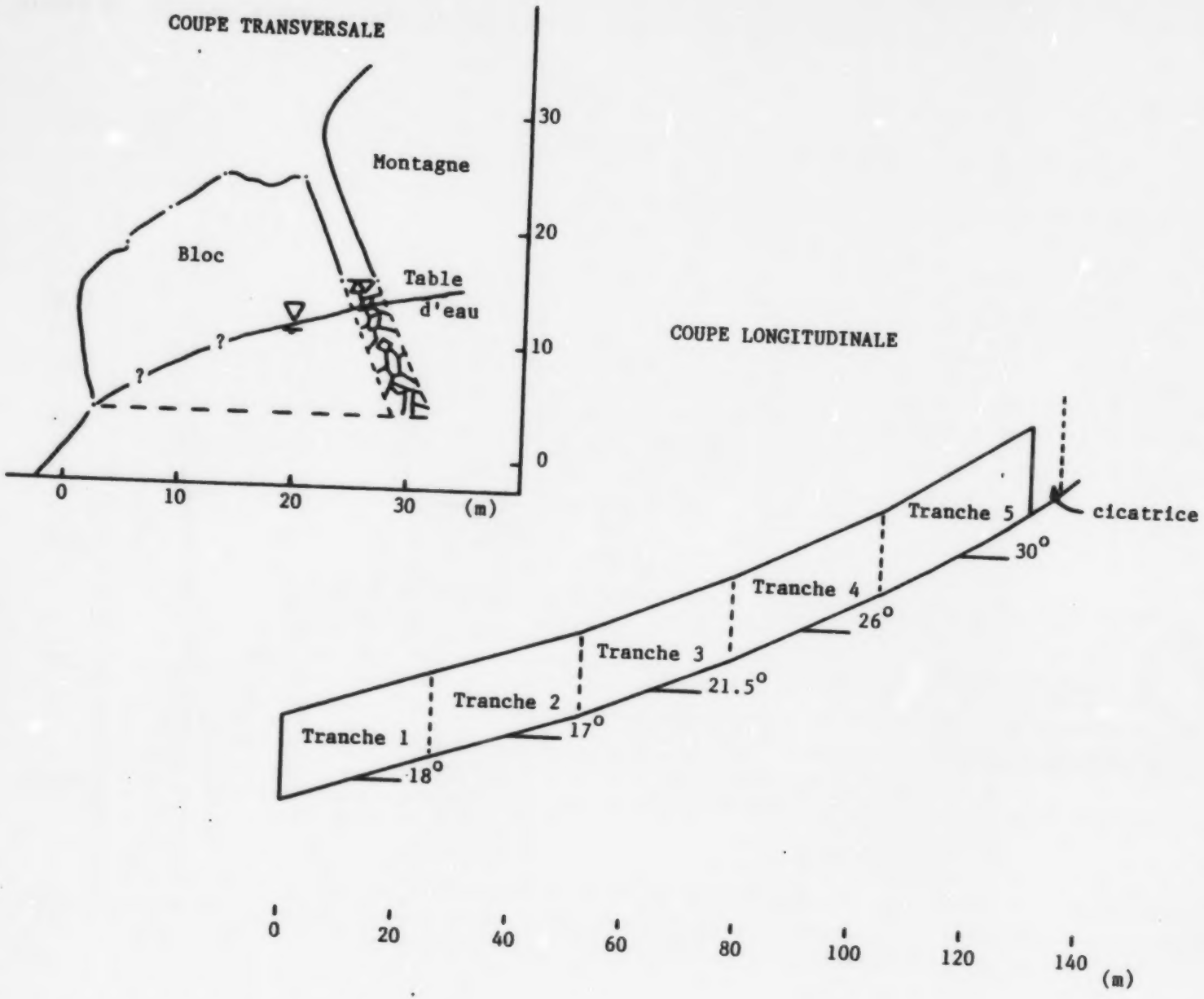


FIGURE 10: Données pour le calcul de stabilité dérivé de la méthode de JANBU

ANNEXE III

PHOTOS

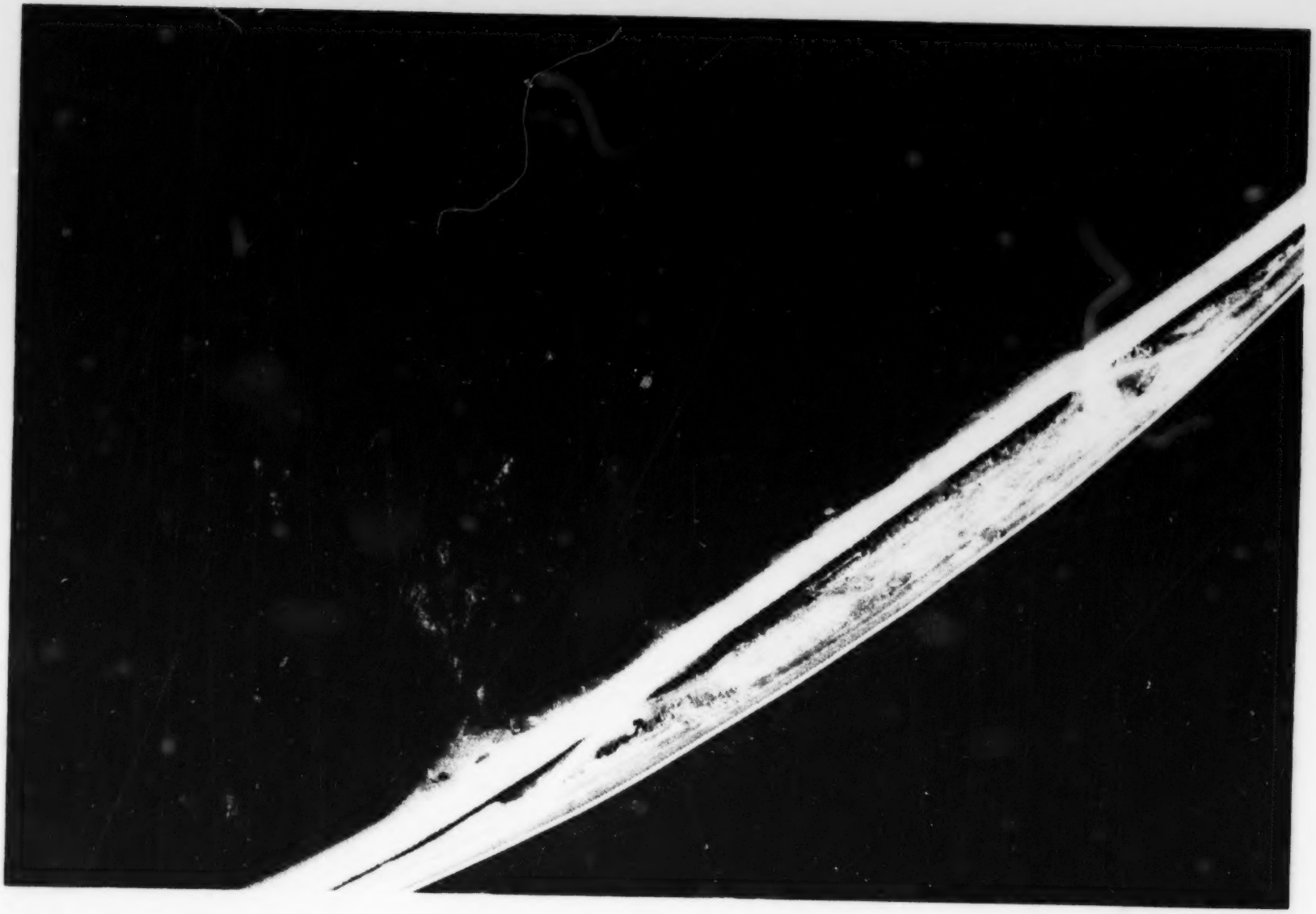


PHOTO 1: Vue aérienne du site

PHOTO 2: Fracture transversale

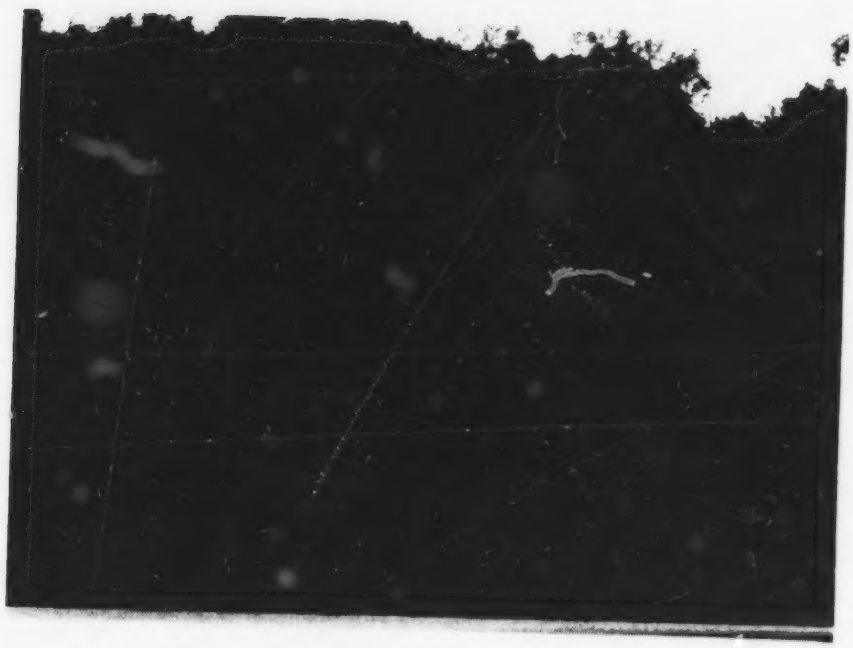


PHOTO 3: Extrémité nord du bloc en mouvement (sortie)

PHOTO 4: Vue de la paroi externe du bloc

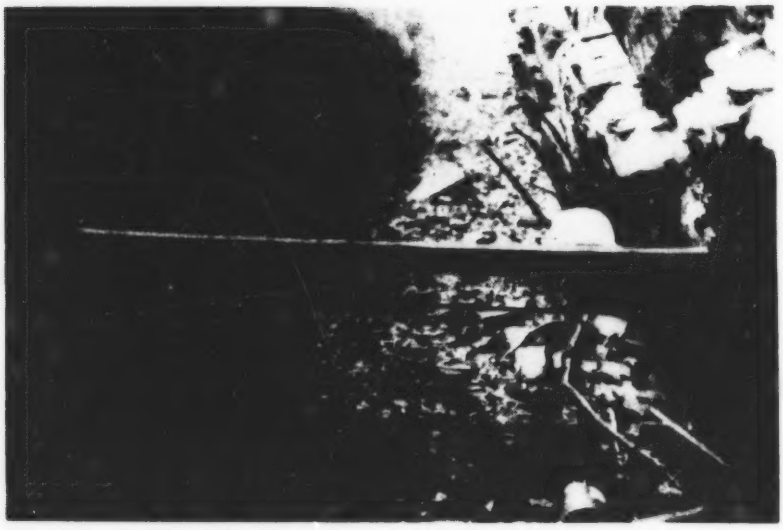


PHOTO 5: Tiges d'acier à l'intérieur de la faille

PHOTO 6: Cible & lunette de théodolite à l'intérieur de la faille

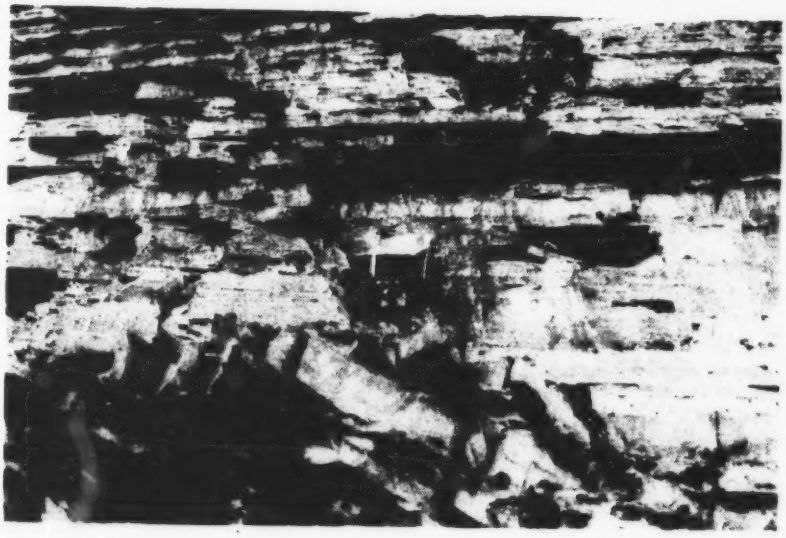
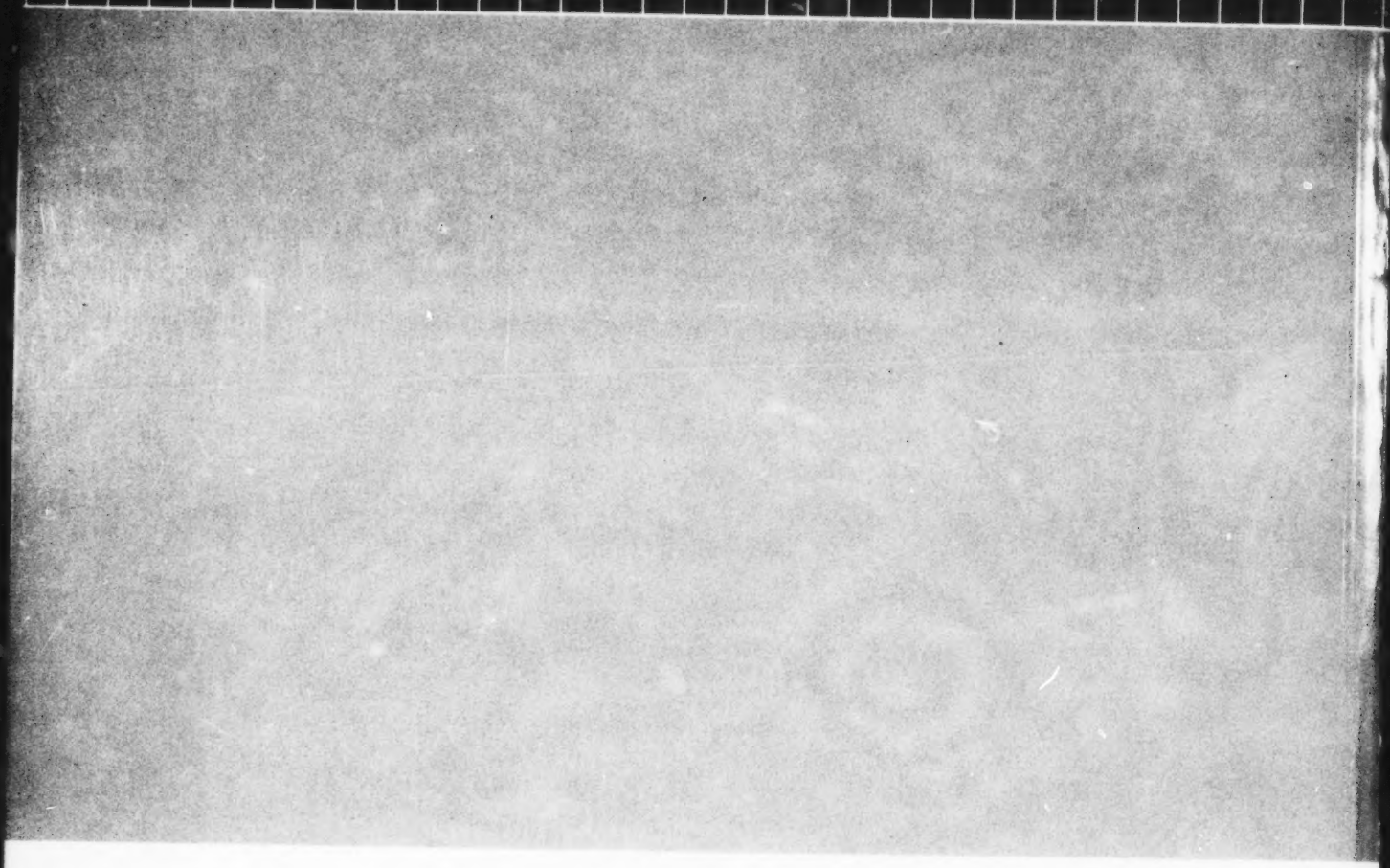


PHOTO 7: Prisme dans la paroi externe du bloc

PHOTO 8: Témémètre sur son embase



Gouvernement du Québec
Ministère
des Transports